ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS.

DU GUANO.

ÉTUDE SUR SA COMPOSITION CHIMIQUE.

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE,

Le mardi 16 août 1859,

Pour obtenir le titre de Pharmacien de première classe,

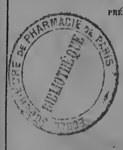
PAR J.-M.-L. LAFONT,

NÉ A FLEURANCE (GERS),

EX-PHARMACIEN INTERNE DES HÔPITAUX DE PARIS,

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'ÉMULATION POUR LES SCIENCES PHARMACEUTIQUES,

PRÉPARATEUR AU LABORATOIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE.



PARIS.

E. THUNOT ET Ce, IMPRIMEURS DE L'ÉCOLE DE PHARMACIE,

RUE RACINE, 26, PRÈS DE L'ODÉON.

1859

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS.

DU GUANO.

ÉTUDE SUR SA COMPOSITION CHIMIQUE.

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS,

le mardi 16 août 1859,

Pour obtenir le titre de Pharmacien de première classe,

PAR

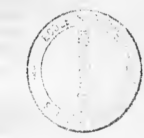
JEAN-MARIE-LAURENT LAFONT,

Né à Fleurance (Gers),

Ex-pharmacien interne des hôpitaux de Paris,

Membre de la Société d'émulation pour les sciences pharmaceutiques,

Préparateur au laboratoire de l'Académie de médecine.





PARIS.

E. THUNOT ET Ce, IMPRIMEURS DE L'ÉCOLE DE PHARMACIE,

RUE RACINE, 26, PRÈS DE L'ODÉON.

1859

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE.

ADMINISTRATEURS.

MM. Bussy, Directeur.
Guibourt, Secrétaire, Agent comptable.
Regnauld, Professeur titulaire.

PROFESSEURS.

MM. Bussy.	Chimie.
Gaultier de Claubry.	Chimie.
Lecanu.	Pharmacie.
Chevallier.	Pharmacie.
Caventou.	Toxicologie.
Guibourt.	Histoire naturelle des médicaments.
Chatin.	Botanique.
Valenciennes.	Zoologie.
J. Regnauld.	Physique.

PROFESSEURS DÉLÉGUÉS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

MM. Bouchardat.
Gavarret.

AGRÉGÉS EN EXERCICE.

MM. Figuier.
Robiquet.
Reveil.
Lutz.

MM. L. Soubeiran.
Riche.
Bouis.

Nota. *L'École ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les candidats.*

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE,

Regrets éternels !

A MON EXCELLENTE MÈRE,

Reconnaissance et affection la plus vive.

A MES FRÈRES, A MA SOEUR,

Amitié inaltérable.

A MON ONCLE SÉVERIN LAFONT.

A MES AUTRES PARENTS.

A MES AMIS.

A M. OSSIAN HENRY PÈRE,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE,
CHEF DE SES TRAVAUX CHIMIQUES,
AGRÉGÉ DE L'ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS,
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'HYDROLOGIE MÉDICALE,
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, ETC.

Comme témoignage de ma reconnaissance pour les utiles enseignements que j'ai puisés auprès de lui, et la bienveillance dont il m'a honoré pendant tout mon séjour au laboratoire de l'Académie impériale de médecine.

Que M. HENRY FILS reçoive mes remercîments pour ses excellents conseils et ses bienveillants encouragements.

A MON PREMIER MAITRE

M. COLOMEZ,

PHARMACIEN A FLEURANCE.

A M. REVEIL,

PROFESSEUR AGRÉGÉ A L'ÉCOLE DE PHARMACIE ET A L'ÉCOLE DE MÉDECINE,
PHARMACIEN EN CHEF DE L'HÔPITAL DES ENFANTS, ETC.,

Son élève reconnaissant.

A LA MÉMOIRE DE M. GUIART,

PHARMACIEN EN CHEF DE LA PITIÉ.

Je prie mes maîtres dans les hôpitaux, **MM. HÉBERT, PERSONNE, CHATIN**, de recevoir mes remercîments pour la bienveillance qu'ils m'ont témoignée pendant le cours de mes études.

DU GUANO.

ÉTUDE SUR SA COMPOSITION CHIMIQUE.



INTRODUCTION.

En prenant pour sujet de ma thèse inaugurale une question aussi complexe que celle du guano, je n'ai pas eu la prétention de traiter d'une manière complète l'étude d'une substance qui mérite à tant de titres l'intérêt qui s'y rattache aujourd'hui.

Le guano, nom sous lequel on désigne les excréments de certains oiseaux marins qu'on trouve dans diverses parties du globe, peut être envisagé sous trois points de vue bien différents : par le grand nombre de matières qui le composent, il est du ressort de la chimie ; par la murexide ou purpurate d'ammoniaquè, il appartient à l'art de la teinture ; par ses matières azotées et phosphatées, il est du domaine de l'agriculture.

Ayant plus de bonne volonté que de talent, je n'ai cherché qu'à me concilier l'indulgence de mes juges en leur présentant un travail qui aurait pu offrir un certain intérêt s'il eût été confié à de plus habiles que

moi. Je me suis surtout attaché à bien traiter la partie chimique, laissant à des hommes plus compétents le soin de continuer les études qu'ils ont déjà commencées au point de vue industriel et agricole. Mais en m'occupant spécialement de l'analyse chimique du guano, il m'est impossible de passer complétement sous silence ses usages, son mode d'action et la manière de l'employer. Aussi mon travail se trouvera-t-il naturellement divisé en trois parties :

1° Histoire du guano ; son origine et ses gisements ;

2° Sa composition chimique ;

3° Usages ; modes d'action du guano et manière de l'employer.

PREMIÈRE PARTIE.

HISTOIRE DU GUANO. — SON ORIGINE. — SES GISEMENTS.

L'illustre de Humboldt est un des premiers savants qui aient donné des renseignements précis sur le guano. Le guano, dit-il, se trouve très-abondamment répandu sur les bords de la mer du Sud, aux îles de Chinchas, près de Pisco; mais il existe aussi sur les côtes et îlots plus méridionaux, à Ilo, à Iza et à Arica. Il forme des couches de 15 à 20 mètres d'épaisseur, d'où on l'extrait comme on ferait d'un minerai de fer. Il est difficile, et même à peu près impossible, de donner une estimation exacte de la quantité de guano qui se trouve dans ces dépôts. Mais l'opinion générale de ceux qui ont visité ces contrées après de Humboldt est qu'il faudra un temps bien long pour épuiser ces masses, l'enlèvement de deux à trois cent mille tonnes n'ayant produit aucune diminution perceptible sur les couches exploitées actuellement. Par suite de l'accumulation graduelle de cet engrais et de sa grande épaisseur, il a une structure tellement solide, qu'en quelques cas il est nécessaire, pour l'exploiter, de faire usage de la poudre.

Le guano provient des déjections de certains oiseaux marins (des ardæas et des phénicoptères) qui, depuis des siècles, ont l'habitude de venir passer la nuit dans les endroits que j'ai mentionnés. Les restes des poissons qui leur servent de pâture viennent augmenter cet amas de matières; il en est de même des cadavres de ces oiseaux qui, après y avoir vécu, viennent y mourir. Aussi la hauteur relativement prodigieuse à laquelle sont arrivées ces couches a-t-elle établi entre les auteurs une divergence d'opinions sur l'origine probable du guano. Les uns l'attribuent uniquement aux excréments déposés dans ces îles par les ardæas et les phénicoptères; d'autres, parmi

lesquels M. Malagutti, prétendent qu'en admettant que la surface de ces îles fût entièrement couverte d'oiseaux, il faudrait trois siècles pour obtenir l'épaisseur d'un centimètre ; « et avec cette lente progression, dit cet habile chimiste, la pensée recule devant l'âge probable des dépôts actuels; il faudrait admettre que ces îlots sont habités par des oiseaux depuis six cent mille ans. » Cet auteur serait tenté d'admettre, avec de Humboldt, que le guano est un produit antédiluvien , et que d'autres causes que les déjections des oiseaux ont concouru à l'amas de ces matières azotées; et pour lui, la présence de nombreux cadavres d'oiseaux, et même d'amphibies qu'on trouve au milieu des couches formées, serait une preuve suffisante.

Ne pourrait-on pas expliquer, sans remonter aux époques antédiluviennes, et d'une manière toute naturelle, la formation et l'origine de ces matières? Les déjections de ces oiseaux , les débris des poissons qui leur servent de nourriture , leurs cadavres après leur mort, ceux de quelques animaux étrangers, joints à une quantité notable de sable qui existe dans toutes ces couches, et qui y a été évidemment apporté par les vents , ne sont-ils pas suffisants pour produire des amas aussi considérables? Les couches supérieures sont complétement identiques avec les inférieures, ce qui n'existerait pas si ces dernières avaient été soumises à un bouleversement général. De plus, les cristaux, pour ainsi dire purs d'acide urique qu'on trouve dans toutes les parties du guano, feraient supposer qu'à part le sable qui s'y trouve en trop grande quantité pour avoir été produit par ces oiseaux, toutes les autres parties sont le résultat de déjections animales.

Quoi qu'il en soit de la nature des causes qui, dans certaines localités, ont formé des dépôts aussi précieux , toujours est-il que depuis longtemps, et bien avant la découverte de l'Amérique , les côtes naturellement stériles du Pérou n'ont dû leurs récoltes qu'à l'emploi du guano dont les habitants font usage , surtout pour la culture du maïs.

Les Incas , premiers possesseurs du Pérou, se servaient du guano depuis un temps immémorial. Dans l'ancienne langue péruvienne, le mot *guano* , ou plutôt *huanu* , signifiait fumier. Des peines très-sévères étaient portées contre tout individu convaincu d'avoir pourchassé des oiseaux pendant le moment de la ponte ou de l'incubation. Les habitants de ces contrées tenaient d'autant plus à cet engrais, que les conditions atmosphériques où il se

trouve placé ne l'altèrent en rien. Sa conservation doit être attribuée à l'absence de pluie qui tombe rarement et en très-petite quantité, lorsqu'elle tombe entre le 14e degré de latitude sud, où sont situées les îles qui le produisent. Il n'y a guère que des rosées ou des vapeurs venant de la mer qui, après s'être condensées, pourraient exercer une influence fâcheuse sur les couches du guano. Encore la chaleur intense de ces climats fait-elle promptement évaporer l'humidité : une croûte existe à la surface de cette accumulation de matières; elle retient emprisonnés tous les éléments volatils, et fait du guano l'engrais artificiel le plus concentré que l'on connaisse.

Malgré tous les avantages qu'offre cette substance, on n'avait point songé à l'utiliser en Europe : dans ces dernières années (vers 1840) ; des navires anglais venant des côtes du Pérou en ayant apporté de grandes quantités comme lest, on a fait beaucoup d'expériences en Angleterre et en France, et les résultats obtenus ont dépassé les espérances des cultivateurs, qui tous à l'envi rendent témoignage à la supériorité de cet engrais. Aussi a-t-on considéré comme un véritable bonheur pour l'agriculture la découverte qu'on fit, il y a une dizaine d'années, d'immenses dépôts de guano sur la côte sud-ouest de l'Afrique, dans les dépendances de la colonie du cap de Bonne-Espérance, aux îles Ichaboë, Angra-Pequena, Malaga, etc., etc. Quoique ce guano, exposé à des pluies abondantes, soit d'une qualité inférieure à celle du guano du Pérou, les navires anglais se sont portés en si grand nombre aux îles africaines, que les dépôts sont aujourd'hui presque épuisés. On a aussi rencontré des couches de guano au cap Tenez, dans quelques îlots voisins en Algérie, ainsi que sur les côtes du Labrador. Je mentionnerai une substance connue sous le nom de *guano phosphatique des Caraïbes*. Cette matière, dont la surface partiellement vitrifiée représente une sorte de porcelaine, est généralement déposée sur une roche schisteuse, et s'éloigne assez par sa composition des autres espèces de guanos. Je citerai enfin le guano de chauve-souris dont on découvre tous les jours de nouvelles quantités. Les chauves-souris choisissent certaines grottes qu'elles viennent habiter en foule, et, suspendues aux voûtes de la caverne, elles passent tout l'hiver dans un état d'engourdissement. Lorsque arrive la belle saison, elles quittent leur demeure, le soir au coucher du soleil, pour chercher leur nourriture qui consiste surtout en insectes.

Leurs excréments s'accumulent sur le sol, et leurs cadavres s'ajoutant aux produits de leurs déjections, on voit se former peu à peu des masses assez considérables d'une matière humide, de couleur brune, et n'exhant pas une odeur désagréable. Les grottes les plus connues sont celles de Baume, de Revigny et de Gigny dans le département du Jura; dans les deux dernières surtout les amas formés par les déjections des chauves-souris sont assez puissants.

Les Pyrénées et les Alpes renferment également un certain nombre de grottes qu'on pourrait exploiter.

L'île de Sardaigne possède aujourd'hui des grottes qui sont en pleine exploitation.

M. Lecanu a analysé des excréments de chauve-souris qu'il avait recueillis à la grotte d'Arudy, dans les Pyrénées, et il résulte de son analyse que ces matières ne contiennent pas d'acide urique.

MM. Humbert et Morétin ont visité les grottes du Jura, et donnent aux produits qu'elles renferment les caractères suivants.

C'est, disent-ils, une matière d'un brun jaunâtre foncé lorsqu'elle est humide, d'une nuance plus claire lorsqu'elle a été desséchée au 100° ou simplement au soleil. En ce dernier état, elle est légère, pulvérulente, friable. Elle est parsemée de lamelles, les unes noirâtres, les autres d'un vert éclatant comme l'élytre de la cantharide.

Si l'on en place une petite quantité dans une goutte d'eau, sur une plaque de verre, et qu'on la porte sous l'objectif du microscope, on reconnaît que la masse est formée d'un amas inextricable de poils de dimensions variables, de fragments de pattes d'insectes, de débris de carapaces, d'élytres, etc.; en un mot, on a sous l'œil les résidus de la digestion des corps dont la chauve-souris fait sa proie.

La consommation du guano en Europe a été toujours croissant d'année en année : de 1841 à 1844 (1), plus de 300,000 tonneaux de cet engrais furent envoyés en Angleterre, où il produisit des résultats merveilleux. Il en a été importé en Europe, en une seule année, 3 à 400 millions de kilogrammes, de diverses provenances, et les quantités importées augmentent

(1) Isidore Pierre, *Chimie agricole.*

constamment. L'Angleterre en emploie à elle seule plus de 100 millions de kilogrammes. Aussi, en présence de cette énorme consommation toujours croissante, s'est-on préoccupé de l'épuisement des immenses mines des îles Chinchas, et la Societé royale d'agriculture de Londres a-t-elle proposé un prix de 25,000 francs au fabricant d'engrais qui pourrait livrer à un prix raisonnable (12 fr. 50 c.) les 100 kilogrammes d'un engrais équivalant au guano. Parmi les nombreux concurrents, M. Binn's est un de ceux qui, sans être arrivés au but, s'en sont le moins éloignés. Mais si les hommes qui ont cherché à remplacer par des mélanges artificiels un engrais qu'on est obligé d'aller chercher dans des pays lointains n'ont pas complétement réussi dans leur entreprise, leurs efforts ont au moins eu pour résultat de faire baisser à peu près de moitié le prix du guano ordinaire. Craignant la concurrence qu'on aurait pu leur faire avec les engrais artificiels dont les recettes avaient été publiées, les compagnies qui avaient le monopole du guano ont consenti à ne vendre que 30 fr. les 100 kilogrammes d'un guano qu'elles avaient fait payer 60 fr. à l'origine.

Du reste, les essais faits en Angleterre ne sont pas les seuls : en France, plusieurs hommes recommandables se sont occupés de la fabrication d'engrais artificiel; rien n'a été négligé pour faire tourner au profit de l'agriculture des matières qui jusque-là n'étaient d'aucun usage, ou dont on n'osait pas encore examiner les propriétés. Les trois règnes de la nature ont chacun fourni leur contingent; ainsi, on a utilisé tour à tour la chair des animaux qu'on est obligé d'abattre ou qui succombent à des maladies; leur sang, qui, lorsqu'il a été desséché, est un des engrais les plus énergiques. On a employé aussi les pains de creton qu'on destinait autrefois à la nourriture des chiens de chasse et de basse-cour. Ces pains de creton ne sont autre chose que le marc de graisse de bœuf, de mouton, de veau, etc., lorsque les fondeurs de suif en ont extrait la plus grande partie de la matière grasse. Ils sont formés principalement des membranes du tissu adipeux des animaux, d'un peu de sang, de muscles, de débris d'os, et d'une certaine quantité de graisse qui les imprègne encore, malgré la pression à laquelle ils ont été soumis. Parmi les engrais artificiels, on n'a pas oublié non plus les déjections humaines, auxquelles on fait subir aujourd'hui une foule de préparations; les rebuts et débris de poissons qui

offrent un grand avantage aux habitants des bords de la mer, ou à ceux qui sont à proximité d'un grand marché. Les étoiles de mer ou astéries, les moules que l'on trouve en grande quantité sont surtout employées. On tire également un assez bon parti du tangrum, qui n'est autre chose que le marc qui se dépose au fond des chaudières, dans l'extraction de l'huile des harengs. Enfin, parmi les principaux, je citerai encore les débris et chiffons de laine, les cheveux et poils de toute sorte, la corne, les sabots, etc., etc.

En passant au règne minéral, on voit que les substances les plus utiles qu'il fournit à l'agriculture sont : les différents sels ammoniacaux, les sels de potasse, de soude; le phosphate de chaux, dont on emploie des quantités si grandes, grâce au noir qui provient de la raffinerie du sucre; le sulfate de chaux, qui possède une action propre, et qui est de plus très-utile pour les mélanges qu'il sert à opérer; le chlorure de sodium, etc.; les cendres des végétaux, qui, si elles ne peuvent pas être considérées comme des engrais proprement dits, méritent au moins le nom de *substances améliorantes.*

Le règne végétal fournit les algues et les varechs qui, après avoir subi une fermentation, deviennent les principales ressources de certains pays; les marcs de raisins, d'olives, de pommes et de poires sont employés à féconder le sol dans les contrées où on les obtient en quantité suffisante. Parmi les marcs de fruits, il faut citer en première ligne les marcs des graines oléagineuses, connus sous le nom de *tourteaux* et usités dans presque toute la France.

Ces différentes sortes d'engrais rendent de très-grands services, il est vrai, et on ne saurait trop en multiplier la production; mais à part le sang desséché des animaux, les chiffons de laine, les cornes, sabots, etc., etc., qui ne sont employés que sur une très-petite échelle, à cause des quantités minimes qu'on peut s'en procurer, aucun engrais ne peut être comparé au guano, qui présente aux végétaux, dans un état de concentration convenable, les principes les plus actifs et les plus indispensables à leur développement. Ce fait est basé sur les résultats pratiques obtenus depuis longtemps par ceux qui font usage du guano, et l'analyse chimique a pleinement confirmé et expliqué ce qui était déjà consacré par l'expérience.

DEUXIÈME PARTIE.

DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DU GUANO.

Fourcroy et Vauquelin (1) sont les premiers qui aient fait une analyse complète du guano : ils ont opéré sur un échantillon rapporté par de Humbuldt et lui ont donné la composition suivante :

1° Acide urique, saturé par l'ammoniaque et la chaux, 25 p. 100.
2° Acide oxalique saturé par l'ammoniaque et la potasse.
3° Acide phosphorique combiné aux mêmes bases et à la chaux.
4° Petites quantités de sulfates de potasse et d'ammoniaque.
5° Chlorhydrate d'ammoniaque.
6° Chlorure de potassium.
7° Une matière grasse.
8° Du sable mêlé d'oxyde de fer.

A mesure que l'emploi du guano s'est généralisé, beaucoup de chimistes s'en sont occupés, et aujourd'hui le nombre de ceux qui ont analysé cet engrais est assez considérable. Th. Way, chimiste anglais, a fait sur le guano des études particulières; il a publié, sur sa composition et ses principales variétés, des données très-intéressantes.

En France, MM. Boussingault et Payen, Chevalier, Malagutti, Girardin et Bidard, Isidore Pierre, Bobierre, Baudrimont, etc., ont tous opéré sur de nombreux échantillons; et si leurs analyses ne concordent pas toujours, il résulte au moins de leurs nombreux travaux que non-seulement la composition du guano est différente suivant qu'il a telle ou telle origine, mais

(1) *Annales de chimie*, t. LVI, p. 259.

encore qu'elle est loin d'être identique pour des échantillons provenant d'un même endroit.

Je citerai quelques exemples à l'appui de cette opinion : d'abord, pour des guanos de provenances différentes, M. Way a obtenu les résultats suivants :

	Azote.
1000 gr. de bon guano marchand du Pérou (moyenne de 32 échantillons	143.30
1000 gr. de guano d'Ichaboé (14 échantillons)	60.10
1000 gr. de guano de Patagonie (14 échantillons)	20.90
1000 gr. de guano de la baie de Saldanha (20 échantillons).	13.30

Ce n'est pas seulement la quantité d'azote qui varie : les phosphates qui, après l'azote, sont la partie la plus précieuse du guano, offrent des différences tous aussi grandes; aussi le même savant, opérant sur les mêmes échantillons que précédemment, a-t-il trouvé pour les phosphates de chaux et de manganèse les nombres suivants :

	Phosphates terreux.
1000 gr. de bon guano du Pérou renferment	241
1000 gr. de guano d'Ichaboé	303
1000 gr. de guano de Patagonie	446
1000 gr. de guano de la baie de Saldanha	564

De sorte qu'il semblerait résulter de ce tableau que les espèces les plus riches en azote sont les plus pauvres en phosphates. Mais je ne crois pas qu'on puisse poser des règles précises à cet égard.

Des analyses faites plus récemment n'ont pas donné des chiffres plus concordants : six espèces de guanos (trois provenant d'Amérique et trois des côtes d'Afrique) ont fourni à M. Girardin, pour l'azote et les phosphates, des résultats qui différaient entre eux autant que les précédents.

Non-seulement les divers échantillons de guanos sont loin d'offrir une composition identique, mais ils n'offrent même pas une composition constante. Parmi les matières qui contribuent à leur formation, il en est certaines qui sont susceptibles d'éprouver des décompositions plus ou moins complètes, suivant le milieu dans lequel on les placera. Ainsi, l'acide urique que tous les guanos renferment en assez grande quantité, en com-

binaison avec l'ammoniaque et la chaux, peut, lorsqu'il est exposé à l'humidité, donner naissance à du carbonate d'ammoniaque qui se volatilisera peu à peu et surtout lorsque la température viendra à s'élever. Cette décomposition aura lieu malgré tout le soin qu'on pourra prendre d'entretenir le guano dans un bon état de conservation; dans ce dernier cas, elle sera beaucoup plus lente, il est vrai, mais elle ne cessera pas de s'effectuer. Le guano contient toujours de l'eau, et c'est l'eau qu'il renferme naturellement qui favorisera cette altération; d'après cela, les guanos les plus récents doivent être les meilleurs, et c'est ce qui arrive en effet. Pour m'en assurer, j'ai renfermé du bon guano dans un sac, et après avoir pris son titre, je l'ai placé dans un endroit bien sec. Je l'ai analysé de nouveau au bout de quatre mois, et j'ai trouvé que la quantité d'azote qu'il renfermait précédemment avait diminué d'une manière sensible. Il contenait d'abord 11 pour 100 d'azote, et les dernières analyses ne m'ont donné que 10,49. Il se fait une volatilisation lente qui a pour conséquence de détruire une partie des principes actifs du guano.

Il n'est donc pas étonnant que tandis que MM. Boussingault et Payen ont trouvé 5 à 5.40 p. 100 d'azote dans du guano importé en Angleterre, et 12,95 p. 100 d'azote dans du guano importé directement en France, MM. Girardin et Bidard aient obtenu 16.86 p. 100 d'azote dans un guano apporté en France.

Ces faits expliquent parfaitement les résultats contradictoires obtenus quelquefois par les praticiens qui ont appliqué le guano à l'agriculture ; les uns ont brûlé leurs récoltes avec des quantités qui n'ont presque pas produit d'effet chez les autres. Si l'on ajoute à l'inconvénient que présente le guano de ne pas offrir toujours la même composition, les facilités que sa forme pulvérulente donne aux falsificateurs pour y introduire des substances étrangères, on sera persuadé de la nécessité de faire analyser cet engrais avant d'en faire usage. La falsification des engrais a pris depuis quelques années un immense développement. Sur le noir animal seulement, suivant M. Bobierre, elle s'est exercée avec une telle impudeur, qu'on peut représenter par 12 à 15 millions de francs la somme qu'elle a indûment prélevée sur le travail des agriculteurs.

Le mot *guano* couvre des marchandises fort différentes, dit avec raison

M. de Gasparin, et quelques-unes de ces matières, outre leur qualité inférieure, par suite d'une détérioration naturelle et spontanée, sont très-suspectes de falsification. Il ne suffirait peut-être pas (comme on l'a proposé déjà depuis quelque temps) de forcer les personnes qui vendent du guano à indiquer sur une étiquette la quantité d'azote qu'il contient. Sa plus ou moins grande valeur peut tenir quelquefois aux soins qu'on met à le conserver. S'il veut compter avec certitude sur sa richesse réelle, quel que soit le degré de confiance qu'il accorde au fournisseur de l'engrais, un agriculteur prudent ne devra jamais l'employer sans l'avoir fait analyser par des hommes compétents. Cette dernière précaution ne saurait être négligée : tandis que le bon guano contient environ 12 p. 100 d'azote, le commerce nous en présente qui est doué des mêmes propriétés physiques, et qui n'en renferme que 3 ou 4 p. 100. Et cependant le prix est le même, lorsque les effets qu'on est en droit d'en attendre seront trois ou quatre fois moindres, puisque la quantité d'azote est, diminuée d'autant. L'utilité de l'azote dans un engrais est si bien reconnue, que MM. Boussingault et Payen, dans leur mémoire sur les engrais, ont posé le principe suivant : « Les engrais ont d'autant plus de valeur que la proportion de substance organique azotée est plus forte, que cette proportion domine surtout, relativement à celle des matières organiques non azotées, qu'enfin la décomposition des substances azotées s'opère graduellement et suit mieux les progrès de la végétation. »

D'après ces auteurs, la richesse d'un engrais dépend donc de l'azote qu'il contient, et le prix de revient devrait être basé sur la quantité de ce précieux élément.

Les matières que l'on ajoute aux guanos pour les falsifier sont ordinairement la craie, le plâtre cru ou cuit, la brique pilée, la sciure de certains bois, des terres de couleur orange, et enfin du sable; un excès d'humidité doit aussi être considéré comme une fraude, et les bons guanos ne doivent pas contenir plus de 12 à 13 p. 100 d'eau. M. Girardin recule cependant la limite jusqu'à 20 ou 21 p. 100.

On peut reconnaître assez facilement ces falsifications, mais il faut recourir forcément à l'analyse. Par exemple, il est très-rare qu'un guano contienne des quantités notables decarbonate de chaux : toutes les fois

donc qu'un guano fera, lorsqu'on y verse un acide, une effervescence trop vive, on sera autorisé à soupçonner une fraude, et un examen plus attentif la fera découvrir.

Le guano ne contient ordinairement que des traces de sulfate de chaux. On pourra donc affirmer qu'il y a eu fraude lorsqu'on trouvera du sulfate de chaux en proportion notable.

Si l'on a ajouté au guano des terres de couleur ocracée, il faudra calciner la masse pour la débarrasser des produits volatils et détruire la matière organique. On reprendra ensuite par l'eau pour enlever les sels solubles, et le résidu contiendra de l'alumine qu'on pourra y constater en suivant les procédés indiqués dans les ouvrages de chimie. Si l'on parvient à trouver cette substance, on sera sûr qu'elle a été ajoutée au guano, car elle n'y existe pas naturellement, ou si elle y existe, c'est en quantité très-minime.

L'addition de sable constitue, je crois, la fraude la plus ordinaire, et en même temps une des plus faciles à découvrir : il suffit pour cela de calciner le guano, de reprendre le résidu par un acide, de chauffer un peu pour aider l'action de l'acide, d'étendre la liqueur d'une certaine quantité d'eau, et la partie qui restera insoluble sera constituée par du sable. Si l'on veut avoir son poids, on n'aura qu'à le dessécher. Ce moyen de fraude est très-usité, et certains falsificateurs sont même assez maladroits pour ajouter à leur marchandise jusqu'à 35 ou 40 p. 100 de sable. Parmi les échantillons de guanos du commerce que j'ai eus à ma disposition, j'en ai trouvé deux qui m'ont donné ce chiffre, tandis qu'un bon guano ne devrait en renfermer au plus que 4 ou 5 p. 100. Pour reconnaître la sciure de bois, il suffira de jeter l'engrais suspect dans de l'eau saturée de sel marin, ou même de l'eau ordinaire. Les matières légères, comme la sciure de bois, surnagent pendant un certain temps, tandis que le guano pur tombe au fond de l'eau.

Enfin j'ai cité, comme dernier moyen de falsification, l'humidité exagérée dont le guano est souvent imprégné. Pour constater cette fraude, il suffit de dessécher le guano; mais dans ce cas, il est indispensable de prendre certaines précautions que l'on néglige ordinairement pour la plupart des matières organiques. On ne peut pas mettre tout simplement la matière à

examiner dans une étuve, et la porter à 100 degrés; une partie de l'urate d'ammoniaque se transformerait en carbonate, et ce dernier sel est volatil à une température bien inférieure à 100 degrés; il y aurait erreur manifeste à opérer ainsi, parce que la quantité d'eau naturellement contenue dans le guano se trouverait augmentée du poids de tout le carbonate d'ammoniaque volatilisé.

Certains auteurs ont recommandé d'arroser le guano avec de l'acide chlorhydrique avant de le porter à l'étuve : on prend un poids fixe de guano, on l'arrose avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique, et on le porte à la température de 100 degrés; de cette manière, la substance perd toute son eau sans trace d'ammoniaque.

Quoique le procédé suivant soit plus long et plus minutieux, il est préférable à cause de sa grande exactitude. C'est le procédé que M. Bobierre emploie dans ses analyses de noir. Voici les détails de l'opération :

On place la substance à dessécher dans un tube recourbé à angle droit, qu'on fait communiquer d'un côté avec deux autres tubes destinés à dessécher l'air qui doit passer sur la matière organique : le premier contient de la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique, et le second, du chlorure de calcium. Par son autre extrémité, le tube recourbé communique avec un tube à boules de Liebig, ou bien un simple flacon contenant une certaine quantité de solution normale d'acide sulfurique; enfin l'appareil se termine par un flacon aspirateur. On place le tube qui renferme la substance à dessécher dans un bain d'eau ou d'huile, et lorsque toutes les pièces de l'appareil sont bien ajustées, on commence à chauffer ; en même temps on ouvre le robinet du flacon d'appel, et on détermine par cela même un courant dessiccateur, qui entraîne avec lui une quantité d'ammoniaque plus ou moins grande, seule ou unie à l'acide carbonique, et qui provient de la décomposition d'une partie de l'urate d'ammoniaque. Ce corps est retenu par l'acide sulfurique ; de sorte que si, l'opération une fois terminée, on essaie la liqueur normale au moyen du sucrate de chaux, on voit que son titre a baissé, suivant la quantité d'ammoniaque absorbée. Cette manière de procéder est la seule qui donne la quantité d'azote perdue, et que dans les circonstances ordinaires on n'eût point fait entrer dans le calcul relatif à la composition de l'engrais.

C'est le procédé que j'ai suivi pour déterminer la quantité d'eau contenue dans les échantillons sur lesquels j'ai opéré.

Mes essais portent sur quatre échantillons principaux, de provenance certaine, et sur deux ou trois variétés que l'on trouve dans le commerce. Les espèces de guano que j'ai étudiées sont : le guano du Pérou supérieur, le guano du Pérou ordinaire, le guano de la Patagonie et le guano d'Afrique. Tout en recherchant scrupuleusement les matières qui constituent ces diverses qualités de guanos, je me suis surtout attaché à doser avec soin la potasse, l'azote et les phosphates.

En comparant tous ces guanos entre eux, au point de vue de leurs propriétés physiques, je suis arrivé aux résultats suivants :

1° *Couleur.* — Le guano du Pérou supérieur avait une teinte légèrement brune, ou plutôt une couleur café au lait que les bons guanos possèdent ordinairement. Le guano du Pérou ordinaire avait un aspect terreux assez prononcé. Le guano de Patagonie était d'un brun foncé, et celui d'Afrique était rougeâtre. Les guanos du commerce, dont j'ignore complétement la provenance, avaient tous une couleur chamois.

2° *Saveur.* — Ils ont tous une saveur légèrement salée : le guano du Pérou n° 1 la possède à un plus haut degré ; elle est piquante et presque caustique.

3° *Odeur.* — Tous ont une odeur ammoniacale assez marquée, associée à une odeur de matières organiques en décomposition. Le guano du Pérou n° 1 laisse percevoir en outre, et d'une manière bien sensible, comme une odeur de plumes qu'on soumettrait à une légère torréfaction.

Consistance. — Les guanos que j'ai examinés varient encore plus sous le rapport de la consistance que par les autres propriétés : ainsi, tandis que le guano du Pérou n° 1 est onctueux au toucher, en petits grains, et forme des pelotons d'assez grande dimension qui, lorsqu'on vient à les rompre, offrent une cassure brillante et cristalline, le guano du Pérou n° 2 est un peu grumeleux ; les guanos du commerce sont terreux, pulvérulents et plus légers ; le guano de Patagonie renferme des parties très-dures et très-résistantes, formées de carbonate de chaux aggloméré autour d'une certaine quantité de sable, et le guano d'Afrique est beaucoup plus humide que les autres.

État hygrométrique. — J'ai cru qu'il pourrait être utile de rechercher l'état hygrométrique de ces diverses espèces de guanos, puisque leur conservation et leur altération peuvent dépendre quelquefois de la quantité d'eau qu'ils renferment. J'ai placé plusieurs échantillons de guano à peu près dans les conditions où ils peuvent se trouver dans le commerce ; je les y ai laissés pendant un temps assez long, et j'ai recherché quelle quantité d'eau ils avaient absorbée. Avant de les soumettre à cet essai, je les avais pesés avec soin; il m'était donc facile, par la différence de poids, de résoudre la question que je me posais. J'ai également tenu compte, dans cette expérience, de la petite quantité de carbonate d'ammoniaque qui a pu se volatiliser, et je suis arrivé aux résultats suivants :

100 gr. de guano du Pérou n° 1, ont absorbé dans l'espace de 3 mois.	0.20 d'eau.
100 gr. de guano du Pérou n° 2.	0.12
100 gr. de guano de Patagonie.	0,10
100 gr. de guano d'Afrique. Différence à peine appréciable.	
100 gr. de bon guano du commerce tamisé.	0.50

Si ces chiffres sont exacts, ces résultats prouveraient que les guanos qui absorbent le plus d'humidité, sont ceux qui en contiennent le moins à l'état naturel.

Après avoir axaminé les propriétés physiques, je suis passé à l'analyse proprement dite : mes premiers essais ont porté sur la détermination de la quantité d'eau. J'ai suivi le procédé indiqué précédemment, et j'ai obtenu :

Pour le guano du Pérou n° 1. . . .	12.21 p. 100.
Pour le guano du Pérou n° 2. . . .	16.40
Pour le guano de Patagonie.	19.41
Pour le guano d'Afrique.	26.20
Pour le guano du commerce tamisé.	15
Pour le guano ordinaire du commerce.	16.50

J'ai ensuite cherché à séparer les sels solubles d'avec les sels insolubles, et à déterminer le poids de chacun d'eux. Pour y parvenir, j'ai traité suc-

cessivement les diverses espèces de guano par l'eau, et j'ai dosé les chlorures et les sulfates ainsi obtenus, les premiers par une liqueur titrée de nitrate d'argent acide, et les seconds, par une liqueur titrée de chlorure de baryum.

Quant aux phosphates, dont je regardais le dosage comme plus important, je me suis servi de deux procédés que j'ai toujours menés de front : du procédé qui consiste à obtenir un précipité insoluble en transformant les phosphates en phosphote ammoniaco-magnésien par l'addition d'ammoniaque et d'un sel de magnésie ; et de l'excellent procédé de M. Leconte, basé sur l'emploi du nitrate d'urane, pour obtenir avec les phosphates que l'on recherche des phosphates d'urane qui se précipitent immédiatement. Outre son degré de sensibilité extrême, ce procédé a l'avantage de donner un précipité dans lequel le poids de l'acide phosphorique n'entre que pour un septième, de sorte que si l'on commet une erreur dans l'opération, elle est réduite à peu de chose. Dans le cas actuel, le premier procédé m'offrait un avantage pour la séparation des phosphates. Les phosphates solubles sont composés de phosphates d'ammoniaque, de soude et de magnésie. En versant dans la solution des trois phosphates, et avec précaution, un sel de magnésie jusqu'à cessation de précipité, le poids de ce dernier me donnait le phosphate d'ammoniaque. Il me restait le phosphate de soude et de magnésie : par l'addition d'ammoniaque en solution étendue et versée goutte à goutte, ce dernier sel fournit également du phosphate ammoniaco-magnésien. Les phosphates d'ammoniaque et de magnésie étant séparés, je n'avais plus affaire qu'au phosphate de soude, que je dosais facilement en le transformant en phosphate d'urane par l'addition de nitrate d'urane.

J'ai recherché le phosphate de chaux dans le résidu que m'a laissé ma première opération : j'ai traité le résidu insoluble dans l'eau par l'acide chlorhydrique étendu. Le phosphate de chaux s'est dissous, et par la filtration j'ai obtenu un liquide qui a laissé déposer tout le phosphate, lorsque je l'ai neutralisé par l'ammoniaque.

Outre le phosphate de chaux, le précipité contenait une petite quantité de fer que j'ai retranchée du phosphate obtenu.

Les divers guanos ainsi traités m'ont donné, pour les phosphates, les résultats suivants :

	Phosphate de chaux.	Phos. de soude.	Phos. de magnésie.	Phos. d'ammoniaq.
Pérou n° 1. p. 100 parties.	23.80	2.78	2	4
Pérou n° 2.	31.50	0.80	1.03	1.90
Afrique.	22	1.10	1	3
Patagonie.	40.50	1.15	0.50	1.50
Guano tamisé.	24	1	1	1.78
Guano ordinaire.	29	1.05	2	1.28

Matière organique. — Après les phosphates, j'ai dosé la matière organique : j'ai soumis un certain poids de guano à une calcination prolongée, et en retranchant du poids primitif le résidu auquel j'ai ajouté les sels volatils, j'ai obtenu les résultats suivants :

	Pérou n° 1.	Pérou n° 2.	Patagonie.	Afrique.	Guano tamisé.	Guano ordin.
Matière organique p. 100.	45.79	33	20.59	37.	49.20	32.40

Les résidus de cette calcination sont loin d'offrir le même aspect : ils diffèrent entre eux tout autant que les guanos.

Ainsi, le guano du Pérou n° 1 ne laisse pour résidu qu'une masse blanchâtre, parsemée de quelques particules métalliques de fer réduit.

Le guano du Pérou n° 2 présentait un résidu de couleur ocracée.

Les guanos de Patagonie et d'Afrique ont laissé un résidu d'un blanc terne et comme terreux.

Le guano tamisé ne présentait après sa calcination qu'une masse blanche et homogène, et le guano du commerce, malgré l'action prolongée du feu, n'a pas changé d'aspect.

Sable. — C'est sur ces résidus que j'ai dosé le sable : je les ai traités par l'acide chlorhydrique bien pur ; j'ai augmenté l'action dissolvante de l'acide à l'aide d'une chaleur modérée, et j'ai ensuite étendu d'eau : le précipité, desséché et pesé, n'était que de la silice. J'ai trouvé pour 100 parties de substance employée :

	Pérou n° 1.	Pérou n° 2.	Patagonie.	Afrique.	Guano tamisé.	Guano ordin.
Sable.	2.80	10.20	12.20	4	3.21	14 25

Sels de potasse. — Les sels de potasse ayant une action assez marquée en agriculture, leur dosage m'a paru mériter un certain intérêt.

Il ne suffit pas, pour doser la potasse, de prendre une certaine quantité de guano, de le traiter par l'eau, de concentrer la liqueur, et de précipiter par le bichlorure de platine. Ce moyen serait praticable si, avec les sels de potasse, le guano ne contenait pas en assez grande quantité des sels ammoniacaux soulubles, sels qui sont également précipités par le bichlorure de platine. Un dosage de potasse ne sera exact qu'autant que les sels ammoniacaux auront été chassés par une calcination préalable. Aussi ai-je commencé par calciner fortement le guano, et cette opération une fois faite, j'ai repris le résidu par l'eau, filtré, concentré les liqueurs, et traité alors par le bichlorure de platine en excès. Il s'est formé un précipité que j'ai lavé avec un mélange d'éther et d'alcool pour enlever l'excès de bichlorure, et le précipité, recueilli sur un filtre taré et desséché, m'a donné le résultat cherché.

	Pérou n° 1.	Pérou n° 2.	Patagonie.	Afrique.	Guano tamisé.	Guano ordin.
Potasse p. 100.	1.04	1.09	0.80	1 gr. 08	1 gr. 15	0,78

Dosage d'azote. — On sait que plusieurs procédés sont en usage pour la détermination de l'azote : on peut le doser soit à l'état de gaz, soit à l'état d'ammoniaque.

Dans le premier cas, les procédés les plus connus sont ceux de MM. Liebig, Dumas, Henry et Plisson, qui ont proposé de substituer le bicarbonate de potasse aux corps employés auparavant pour produire un dégagement de gaz destiné à balayer le tube.

Plus tard, on a fait connaître deux autres procédés de dosage d'azote : le premier est celui de MM. Will et Warentrapp, et le second celui de M. Péligot.

Ces chimistes déterminent l'azote d'une matière organique en la décomposant par la chaleur, en présence d'un excès d'alcali; ils se sont assurés que, dans ce cas, tout l'azote de la matière organique est complétement transformé en ammoniaque. La matière alcaline qui transforme le mieux les substances organiques est la chaux sodée qu'on obtient en calcinant une partie d'hydrate de soude avec deux parties de chaux vive.

Le procédé de MM. Will et Warentrapp donne des indications très-

exactes, mais on lui a reproché d'être d'une exécution trop longue à cause de l'évaporation au bain-marie qu'il faut faire subir au sel de platine; en outre, le lavage du chlorure double est quelquefois rendu difficile par les carbures d'hydrogène formés pendant la combustion et qui ne se dissolvent pas toujours très-bien dans l'alcool et l'éther.

Aussi M. Péligot a-t-il apporté quelques modifications à ce procédé et l'a-t-il rendu, en le modifiant, d'une exécution plus commode. Les principaux changements consistent :

1° A introduire au fond du tube dans lequel se trouve la matière organique 1 ou 2 grammes d'acide oxalique qui, étant chauffé à la fin de l'opération, laisse dégager une certaine quantité d'hydrogène destinée à chasser les gaz qui auraient pu rester dans le tube. On peut ainsi négliger le courant d'air qu'on était obligé de faire passer dans l'appareil d'après la méthode précédente.

2° A recevoir l'ammoniaque dans une liqueur d'acide sulfurique titrée à l'aide du sucrate de chaux. De la différence du titre de cette liqueur au commencement et à la fin de l'opération, on peut déduire la quantité d'ammoniaque contenue dans la matière organique. Ce procédé est plus commode que le précédent; il permet d'opérer avec plus de rapidité sans nuire à l'exactitude des résultats; il est assez généralement suivi aujourd'hui, quoique certains chimistes préfèrent encore les pesées aux liqueurs titrées.

Après les méthodes dont je viens de parler, me sera-t-il permis de citer un nouveau procédé de dosage d'azote que j'ai exécuté sous la direction et d'après les conseils de M. O. Henry père, au laboratoire de l'Académie de médecine?

On sait qu'une manière très-commode de doser la magnésie dans une analyse consiste à la doser à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien dont la composition est bien déterminée. Ce fait m'a donné l'idée de former avec l'ammoniaque que dégage la matière organique un composé insoluble duquel je pusse déduire immédiatement la quantité d'azote cherchée. Pour arriver à ce but, j'ai utilisé la réaction précédente et j'ai reçu l'ammoniaque fournie par la substance analysée dans une liqueur contenant du phosphate de soude et du sulfate de magnésie, au lieu de la faire arriver dans l'acide sulfurique ou chlorhydrique. Du reste, voici les détails de l'opération :

Dans un tube ordinaire à analyse, je place le mélange de la matière organique entre deux colonnes de chaux sodée; le tube, au lieu d'être fermé ou effilé en pointe à une de ses extrémités, est ouvert aux deux bouts et communique au moyen d'un bouchon avec une vessie en caoutchouc pleine d'air et destinée à balayer le tube à la fin de l'expérience. L'autre extrémité est en communication au moyen d'un long tube recourbé à angle droit, avec un premier flacon contenant une dissolution de phosphate de soude et de sulfate de magnésie; ce premier flacon communique avec un deuxième qui contient également une nouvelle quantité de cette dissolution, pour absorber le gaz qui pourrait échapper au premier flacon. Ces liqueurs doivent être très-étendues, parce qu'autrement il se formerait un précipité de phosphate de magnésie même avant l'opération. Il faut avoir soin d'employer un poids de phosphate de soude et de sulfate de magnésie égal à trois ou quatre fois celui de la matière organique. Ces dispositions une fois prises, on chauffe fortement le tube, comme dans les autres procédés, d'avant en arrière et de façon à maintenir à une température très-élevée la colonne de chaux sodée. Une fois arrivé au mélange de matière organique, on chauffe progressivement jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus rien. On ouvre alors le robinet de la vessie en caoutchouc qui termine l'appareil, l'air se précipite dans le tube et entraîne avec lui les dernières portions d'ammoniaque qui auraient pu y rester.

En chauffant le tube, on chasse les gaz qu'il contient, et l'azote de la matière organique étant complétement transformé en ammoniaque par la chaux sodée se dégage à ce dernier état. A mesure que l'ammoniaque arrive dans le flacon, elle se trouve en contact avec un excès de sulfate de magnésie et de phosphate de soude; elle entre immédiatement en combinaison avec ces deux corps et forme un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien. L'opération une fois terminée, on n'a qu'à recevoir ce précipité sur un filtre taré, à le laver et à le dessécher à 100 degrés; de son poids, il est facile de déduire la quantité d'ammoniaque, et par conséquent celle de l'azote.

Avant d'employer d'une manière définitive ce procédé pour mes dosages d'azote, j'ai voulu m'assurer qu'il donnait des indications exactes : aussi ai-je fait avec le même guano plusieurs essais comparatifs, en me servant

du procédé de MM. Will et Warentrapp. Je ne peux pas affirmer que j'aie obtenu exactement les mêmes résultats; mais les différences ont été si petites que j'ai cru pouvoir les négliger. Ainsi plusieurs essais faits d'une manière comparative m'ont donné la moyenne suivante :

		Procédé Will et Warentrapp.	Par phosphate de soude, etc.
Azote p. 100.	1er essai.	12.49	12.54
	2e essai.	10.32	10.29
	3e essai.	8.49	8.52

En examinant ce procédé, on voit qu'il dispense de préparer du sucrate de chaux, préparation très-simple, il est vrai, mais dont la solution a besoin d'être titrée assez souvent. En outre, il introduit dans l'analyse les pesées, sans être obligé de recourir aux lenteurs du procédé de Will et Warentrapp, et permet par conséquent de faire des essais d'une manière assez rapide.

A côté de ces avantages, se présente un petit inconvénient : quoique les solutions de phosphate de soude et de sulfate de magnésie soient très-étendues, il se dépose à la longue sur les parois des flacons qui les renferment des cristaux de phosphate de magnésie, ce dernier sel étant assez peu soluble dans l'eau. Aussi faut-il filtrer les liqueurs et recevoir le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien aussitôt que l'opération est finie; sans cela, il pourrait se faire qu'une certaine quantité de phosphate de magnésie vînt s'ajouter au précipité obtenu.

Les essais que j'ai faits pour déterminer la quantité d'azote contenu dans les diverses espèces de guanos que j'avais à examiner m'ont donné :

	Pérou n° 1.	Pérou n° 2.	Patagonie.	Afrique.	Guano tamisé.	Guano ordin.
Azote p. 100.	13.02	9.12.	7.10	4.07	13.50	8.15

Après les substances que je viens de citer comme entrant dans la composition du guano, et qui sont sans contredit les plus utiles, j'ai recherché certains autres corps d'une utilité nulle au point de vue de l'agriculture, mais pouvant offrir quelque intérêt sous le rapport de la chimie. Ce sont : la guanine qui a été signalée par M. Whœler dès 1844, l'urée, l'iode et le brome.

Guanine. — Gerhardt, dans son excellent *Traité de chimie organique*, parle de la guanine comme d'un corps ayant des caractères bien tranchés,

et donnant avec les acides des composés définis. Soit manque d'habileté, soit parce qu'il est quelquefois assez difficile d'obtenir un corps quelconque en suivant à la lettre les procédés décrits dans les ouvrages, si j'ai réussi à préparer quelques-uns de ces composés, je n'ai pas été assez heureux pour les obtenir tous.

J'ai d'abord cherché à isoler la guanine, et j'ai suivi pour cela le procédé indiqué par Gerhardt.

J'ai mis du guano en digestion avec un lait de chaux, jusqu'à ce que le liquide ne m'ait plus présenté qu'une légère teinte jaune verdâtre. A ce moment, j'ai filtré et neutralisé la liqueur par l'acide chlorhydrique : il s'est formé un précipité couleur de chair qui est un mélange d'acide urique et de guanine. J'ai repris ce précipité par l'acide chlorhydrique bouillant qui ne dissout que la guanine, et par le refroidissement il se dépose un composé de guanine et d'acide chlorhydrique. Je l'ai fait cristalliser de nouveau en le reprenant par l'acide chlorhydrique, et en saturant ensuite par l'ammoniaque, j'ai obtenu la guanine. Elle se présente sous la forme d'une poudre amorphe, d'une couleur jaune terne. Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther : j'ai également essayé le sulfure de carbone sans pouvoir la faire dissoudre. Elle se dissout assez bien dans les acides qui forment avec elle des composés définis; mais ses dissolvants par excellence sont la potasse et la soude caustiques : elle est également soluble, mais à un moindre degré, dans les eaux de chaux et de baryte. Ainsi donc, la guanine jouirait de la double propriété de se combiner aux acides et aux alcalis. Mais je crois que cette substance est assez peu stable : j'ai essayé bien des fois de l'extraire du guano, et tout en me plaçant dans les mêmes conditions, tantôt je parvenais à en obtenir des quantités raisonnables, et tantôt je n'avais que des résultats presque négatifs. J'ai employé dans ces diverses opérations alternativement la potasse, la soude et la chaux, et il m'a semblé que lorsqu'on voulait isoler la guanine, on devait recourir de préférence à la chaux. Toutes les fois que je me suis servi de la potasse ou de la soude, j'ai obtenu, après la neutralisation de la liqueur par l'acide chlorhydrique, des précipités très-considérables, composés en grande partie d'acide urique, et dont il était difficile de séparer la guanine. Au contraire, en faisant usage de la chaux, je n'ai jamais eu que des précipités

peu considérables ne renfermant que des quantités assez petites d'acide urique. Cette différence tiendrait-elle à ce que la chaux aurait peu d'action sur l'urate de la même base qui existe dans le guano en proportions notables, tandis que la soude et la potasse formeraient avec lui un urate très-soluble, et introduiraient ainsi beaucoup d'acide urique dans la liqueur filtrée? D'après cela, on devrait prendre de préférence la chaux quand on veut extraire la guanine, et la soude ou la potasse quand on veut doser l'acide urique.

Les auteurs indiquent plusieurs composés formés par la combinaison de la guanine avec certains autres corps: ainsi, il existe un chlorhydrate de guanine, un sulfate, plusieurs nitrates, un chloroplatinate; le tartrate, le phosphate et l'oxalate cristallisent difficilement sous forme régulière, dit Gerhardt. J'ai voulu obtenir tous ces corps à l'état cristallin, tels qu'ils avaient été décrits, mais je dois avouer que malgré tous mes efforts et mes nombreux essais, le sulfate de guanine est le seul que j'aie réussi à préparer. Il se présente sous la forme d'aiguilles prismatiques assez longues et d'une couleur jaunâtre; l'ammoniaque en précipite facilement la guanine.

Urée. — Il y a déjà longtemps que M. O. Henry (1) a reconnu l'existence de l'urée dans la fiente sèche de pigeons: la ressemblance qui existe entre cette substance et le guano m'a donné l'idée de rechercher si ce dernier corps n'en contiendrait pas une certaine quantité. Dans cette opération, j'ai suivi le procédé indiqué par M. Henry. J'ai pris une certaine quantité de guano, et je l'ai chauffé légèrement avec de l'eau distillée et de l'hydrate de baryte; j'ai desséché la masse ainsi obtenue, et je l'ai traitée par de l'acool à 40 degrés. J'ai filtré la liqueur, et après y avoir fait passer un courant d'acide carbonique pour la débarrasser de la petite quantité de baryte qu'elle aurait pu entraîner, je l'ai filtrée de nouveau et évaporée à siccité. Le résidu, s'il contenait de l'urée, devait, après avoir été dissous dans une petite quantité d'eau, donner lieu à du nitrate acide d'urée, quand on le traiterait par l'acide nitrique. C'est le résultat que j'ai obtenu plusieurs fois en opérant sur divers guanos: ce sont surtout le guano du Pérou n° 1 et le guano tamisé qui m'ont fourni de l'urée.

---

(1) *Journal de pharmacie et des sciences accessoires* (t. XXV, p. 135).

Iode et brome. — J'ai recherché ces deux corps dans les diverses espèces de guanos que j'ai examinés, en suivant l'ingénieux procédé de MM. Henry fils et Humbert. Ce procédé ayant déjà été inséré dans un grand nombre de publications, je ne le décrirai pas ici : je dirai seulement qu'il est basé sur la combinaison qu'éprouvent à l'état naissant l'iode et le cyanogène, lorsqu'on chauffe légèrement en présence du chlore pur et sec un mélange de cyanure et d'iodure d'argent. La première condition est donc de précipiter l'iode à l'état d'iodure d'argent dans la liqueur où on en soupçonne la présence. On dessèche ensuite le précipité obtenu, et on le mélange avec une certaine quantité de cyanure d'argent; on introduit le tout dans un tube de verre chauffé en présence du chlore, et l'iodure de cyanogène se produit. Ce corps volatil à 45 degrés vient se condenser sous forme d'aiguilles blanches et prismatiques dans une partie du tube refroidie à l'avance, et affecte fréquemment une disposition qui rappelle la forme des feuilles de fougère.

Le brome se conduit comme l'iode ; seulement, le bromure de cyanogène est encore plus volatil que l'iodure, et il cristallise en cubes au lieu de cristalliser en prismes. Il est assez rare que, dans cette opération, il ne se forme pas une certaine quantité d'eau qui empêche de voir les composés iodés, quand ils s'y trouvent en proportions trop minimes. Aussi faut-il bien se garder de conclure qu'il n'y a pas d'iode ou de brome, parce qu'on ne verra pas immédiatement les cristaux. Il faut absorber l'humidité qui est dans le tube en mettant à l'extrémité quelques fragments de chlorure de calcium fondu, et au bout de quelques jours, l'humidité ayant disparu, on aperçoit très-bien les cristaux formés.

Pour isoler l'iode du guano, j'ai calciné fortement ce corps en présence de potasse essayée préalablement pour voir si elle ne contenait pas d'iode. J'ai repris le résidu par l'eau, j'ai acidulé la liqueur pour dissoudre les carbonates, et traitant ensuite par le nitrate d'argent les iodures et bromures dont je supposais l'existence, j'ai obtenu un précipité de bromures et d'iodures, mêlé d'une assez grande quantité de chlorures. J'ai desséché le tout, et les trois guanos sur lesquels j'ai opéré m'ont donné :

	Pérou nº 1.	Pérou nº 2.	Guano tamisé.
Iode p. 1000 parties.	0,016	0,013	0,02

Ces quantités ont été calculées d'après des tubes étalons, obtenus avec des mélanges d'iodure et de cyanure d'argent pesés à l'avance.

Si maintenant je résume dans un tableau général les essais que j'ai faits, j'aurai les résultats suivants :

	PÉROU (1).	PÉROU (2).	AFRIQUE.	PATAGONIE.	GUANO TAMISÉ.	GUANO DU COMMERCE.
Eau	12.21	16.40	26.20	19.41	15.00	16.5
Matières organiques	45.79	33.00	37.00	20.59	49.20	32.00
Sable	2.80	10.20	4.00	12.20	3.21	14.25
Phosphate de chaux	23.80	31.50	22.00	40.50	24.00	29.00
Phosphate de soude	2.78	0.80	1.10	1.15	1.00	1.05
Phosphate d'ammoniaque	4.00	1.90	3.00	1.50	1.78	1.28
Phosphate de magnésie	2.00	1.03	1.00	0.50	1.00	2.00
Chlorhydrate d'ammoniaque	2.70	1.50	2.00	1.05	1.14	1.00
Chlorure de sodium	1.30	1.00	1.00	0.95	1.00	0.80
Chlorure de potassium	0.40	0.80	1.20	0.45	1.22	0.50
Sulfate de potasse	1.72	1.22	1.00	1.10	1.30	1.20
Fer	0.50	0.65	0.50	0.60	0.15	0.42
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote pour 100	13.02	9.12	7.10	4.07	13.50	8.15

Aux substances qui figurent dans ce tableau, il faut ajouter une certaine quantité de matière grasse qui existe dans toutes les variétés de guanos ; il faut également mentionner une matière colorante jaune, la guanine, des traces d'urée, et enfin des indices d'iode et de brome.

TROISIÈME PARTIE.

USAGES, MODE D'ACTION DU GUANO ET MANIÈRE DE L'EMPLOYER.

Le guano, qui pendant longtemps n'a été employé que comme engrais, mérite aujourd'hui de fixer l'attention non-seulement à ce dernier point de vue, mais encore par les avantages qu'il offre à la teinture et à l'art de guérir. Il est vrai que ce corps ne peut pas être considéré comme un médicament proprement dit, et il n'est peut-être pas un traité de thérapeutique qui lui donne des propriétés sur lesquelles on puisse compter. Cependant on en fait usage dans certains cas, et il est assez généralement ordonné, surtout aux malades qui fréquentent l'hôpital Saint-Louis, pour qu'il me soit permis de le citer ici.

On se sert du guano en bains et en lotions, dans les maladies cutanées, à la dose de 500 gr. pour un bain et de 50 à 60 gr. par litre, pour les lotions. Quand il s'agit d'administrer un bain dont le guano doit faire la base, on le délaie tout simplement dans une certaine quantité d'eau, et on l'ajoute en cet état au bain préparé comme à l'ordinaire, ou bien on le place dans un nouet, comme on fait quand on prend un bain de son. Les lotions se font avec une légère décoction que l'on a soin de filtrer.

Le guano a été également employé en pommade, à la dose de 10 gr. p. 30 gr. d'axonge dans les psoriasis, eczémas chroniques, ulcères scrofuleux, etc. Les médecins qui l'ordonnent ont certainement en vue l'action que peuvent exercer les sels ammoniacaux qu'il renferme en quantité notable. Cette action est assez faible, mais elle peut être suffisante pour servir de complément à un traitement plus énergique.

Le guano possède encore la propriété d'influencer les fonctions respiratoires par le carbonate d'ammoniaque qu'il laisse volatiliser. M. le professeur Trousseau cite l'exemple d'un capitaine au long cours qui faisait la traversée du Havre au Pérou, et revenait de ce pays avec une forte cargaison de guano. Pendant son premier voyage, il était sujet à de fréquents accès d'asthme qui le tourmentaient beaucoup, tandis que durant le retour, il ne se ressentait nullement de sa fâcheuse infirmité. Ce voyage ayant été accompli plusieurs fois par la même personne, et les accidents que je viens de signaler s'étant constamment manifestés pendant l'aller et non pendant le retour, on ne peut pas invoquer une simple coïncidence, et mettre sur le compte du hasard ce qui n'est dû qu'aux exhalaisons ammoniacales provenant du guano. Malgré ces propriétés, le guano ne sera probablement jamais regardé que comme un agent peu sérieux de la thérapeutique. Mais si le guano n'est pour ainsi dire qu'un produit secondaire en médecine, il n'en est pas de même dans ses applications à la teinture, et les nombreuses fabriques de murexide échelonnées autour de Paris attestent assez l'importance de la découverte de MM. Liebig et Whœler. La préparation de ce corps, ainsi que celle de l'acide urique dont il dérive, se pratique aujourd'hui sur une si vaste échelle, qu'elle pourrait contribuer pour une grande part à l'épuisement des mines des îles de Chinchas. Je passerai donc en revue la préparation de l'acide urique, celle de la murexyde, et les applications de cette dernière.

Acide urique. — L'acide urique se trouve dans les urines des animaux carnivores; il est sécrété en quantité considérable par les oiseaux, les insectes et principalement les serpents : ainsi les excréments de boas sont composés d'acide urique presque pur, libre, ou combiné à de l'ammoniaque ; mais on ne peut s'en procurer que des quantités trop minimes pour les faire servir à la préparation en grand de l'acide urique. On trouve encore fréquemment cet acide dans les dépôts urinaires, les calculs et les concrétions articulaires des goutteux ; mais c'est le guano qui fournit aujourd'hui presque tout l'acide urique utilisé dans l'industrie.

Pour le préparer, on traite le guano pendant quelques heures par une dissolution bouillante de soude ou de potasse ; on filtre la liqueur, on l'évapore, et quand elle est suffisamment concentrée, on la neutralise par l'acide

chlorhydrique. Il se dépose aussitôt des flocons d'acide urique que l'on purifie en les dissolvant plusieurs fois dans de la potasse ou de la soude, et précipitant de nouveau par l'acide chlorhydrique.

On pourrait aussi épuiser directement le guano par de l'acide chlorhydrique étendu ; cet acide dissoudrait une grande partie de sels contenus dans le guano, et ne laisserait pour résidu que l'acide urique mélangé d'une certaine quantité de sable, d'un peu de sulfate de chaux et de matières organiques. On traiterait ensuite ce résidu par de nouvelles quantités d'acide ; il ne resterait plus qu'à le laver et à le dessécher. Si on ne le trouvait pas assez pur pour les usages auxquels on le destine, on le ferait dissoudre dans de la potasse, et en le précipitant on l'obtiendrait à peu près pur. L'acide urique peut, en cet état, servir à la préparation de la murexyde.

Quelques chimistes (Boëttger et Landerer) ont conseillé d'épuiser le guano par des solutions de borax, au lieu d'alcalis caustiques, le borax dissolvant moins de matières animales étrangères.

De la murexyde.—La murexyde $C^{16}H^{8}N^{6}O^{12}$ est, comme l'avaient déjà admis MM. Gmelin et Fritsche du purpurate d'ammoniaque $C^{16}H^{5}N^{5}O^{12}+NH^{3}$. Elle a été obtenue pour la première fois par le docteur Prout : elle se présente sous forme de prismes à quatre pans, à reflets métalliques et offrant les couleurs vertes des ailes de cantharides. Elle est insoluble dans l'alcool, l'éther, et peu soluble dans l'eau, qu'elle colore cependant en pourpre magnifique. Plusieurs procédés ont été proposés pour la préparation de la murexyde ; mais celui qui paraît le plus pratique est le procédé indiqué récemment par M. Clark (*Repertory of patent inventions*, july 1858, p. 41).

M. Clark recommande de saturer par de l'acide urique de l'acide nitrique ayant une densité de 1,4, étendu d'environ son volume d'eau, et de porter le tout à une température de 60 degrés. Il traite ensuite cette solution, à laquelle il donne le nom d'*alloxane*, par l'ammoniaque, en réalisant les conditions suivantes :

« 1° Il mélange l'alloxane à froid, et peu à peu avec une quantité d'ammoniaque qui n'est que la moitié de celle qu'il faudrait pour rendre alcaline la solution d'alloxane.

» 2° L'ammoniaque n'est ajoutée que par petites portions à la fois, d'un

côté pour qu'il n'y ait pas élévation de température, et de l'autre pour que l'alloxane ait le temps de reprendre sa réaction acide.

» 3° Le mélange d'alloxane et d'ammoniaque ainsi préparé est ensuite chauffé de 60 à 77 degrés et donne des cristaux de murexyde par le refroidissement. » (*Répertoire de chimie*, 1859, p. 83).

D'après M. Clark, on peut préparer de la murexyde en grande quantité et très-pure en employant les doses suivantes : à 100 litres d'alloxane marquant 30 degrés à l'aréomètre Beaumé, on ajoute peu à peu 23 à 30 litres d'ammoniaque liquide de 18 degrés Beaumé, en ne versant à la fois que les quatre cinquièmes. Après avoir opéré le mélange complet, on chauffe le tout à 75 degrés. Par le refroidissement, la murexyde cristallise et est reçue sur une toile.

Applications. — Cette matière une fois obtenue, il s'agit de l'appliquer à la teinture. Pour la fixer sur des tissus de toute espèce, on emploie des sels métalliques capables de former sur les fibres des tissus des précipités colorés de purpurates insolubles.

Les meilleurs résultats ont été obtenus jusqu'à ce jour par les selsme r-curiques pour les nuances rouge et pourpre, et par les sels de zinc pour les nuances jaune et orange.

Pour teindre, par exemple, la soie en pourpre, on mélange une solution de sublimé corrosif avec une solution de carmin de pourpre, et on y plonge la soie en l'y remuant constamment. La soie absorbe peu à peu la couleur et se teint en des nuances plus ou moins foncées, suivant le temps qu'elle a séjourné dans le bain, et suivant le degré de concentration de ce dernier.

Quand on veut teindre la laine en pourpre, il faut toujours ajouter au mordant employé un corps oxydant, à cause de l'action réductrice qu'elle exerce.

La préparation de la murexyde a pris une grande extension depuis quelques années, et les couleurs qu'elle produit surpassent de beaucoup en beauté celles que l'on avait obtenues jusqu'à présent. Mais l'application du guano la plus importante, et on peut même dire la plus utile, est celle qu'on en fait aujourd'hui pour l'agriculture.

La disette des engrais est la principale cause de la stérilité d'un pays; aussi a-t-on eu recours dès les temps les plus anciens aux engrais artifi-

ciels. Il est curieux de lire les écrits que nous ont laissés les auteurs latins sur ce sujet; on y retrouve même la composition des composts. J'emprunte à la *Chimie agricole* de M. Isidore Pierre la citation suivante d'un des chapitres de Columelle :

« Je sais, dit l'auteur latin, qu'il est certaines métairies où l'on pourrait n'avoir ni bestiaux ni volailles; cependant il faut qu'un cultivateur soit bien négligent si, même en un tel lieu, il manque d'engrais. Ne peut-il pas recueillir et entasser des feuilles quelconques et le terreau qui s'amasse au pied des buissons et dans les chemins? Ne peut-il pas couper de la fougère et la mêler aux immondices de la cour? Ne peut-il pas creuser une fosse à engrais et y réunir les cendres, les ordures des cloaques, des chaumes et toute espèce de balayures?

» Je considère comme peu soigneux les cultivateurs chez qui l'on ne recueille pas chaque mois 7 à 8 hectolitres de fumier par tête de menu bétail, et dix fois plus par tête de gros bestiaux; chez qui chaque personne n'en fournit pas autant, soit par des déjections de toute nature, soit par les ordures des basses-cours et les balayures qu'on ramasse et qu'on doit entasser journellement dans la fosse à fumier. »

On est certes bien loin, même aujourd'hui, de prendre toutes ces précautions, et il est peu de fermes où les principes de Columelle soient mis complétement en pratique. Cependant, depuis un certain nombre d'années surtout, on a fait de très-grands progrès dans l'art de préparer les engrais, et on est parvenu à en augmenter beaucoup la qualité et la quantité.

Parmi tous les engrais que l'on peut se procurer maintenant, le guano est sans contredit un des meilleurs. A part le fumier ordinaire que l'on prend comme type, aucun engrais ne contient un aussi grand nombre de substances susceptibles d'exercer une heureuse influence dans l'acte de la végétation. Le guano réunit à lui seul en assez grande quantité les sels ammoniacaux et les phosphates, substances qui, prises chacune séparément, suffiraient pour faire la base d'un engrais. Outre les sels ammoniacaux et les phosphates, le guano renferme encore du sable, de la silice, des sels alcalins et des matières organiques non azotées qui exercent également sur les plantes une action bienfaisante. Mais les deux corps fertilisants du guano, ceux qui le font surtout rechercher, sont l'ammoniaque et

l'acide phosphorique. Thaër disait que les engrais qui procurent aux terrains la plus grande fécondité sont ceux qui contiennent la plus forte dose de substances animales ou azotées. Les expériences déjà anciennes de Hermbstœdt appuient cette opinion, et démontrent que les plantes prennent dans les engrais une grande partie de l'azote nécessaire à leur développement. Ce chimiste a, en effet, constaté que les céréales cultivées sous l'influence des engrais les plus azotés sont celles qui contiennent le plus de gluten, c'est-à-dire de principe azoté.

Cette manière de voir est pleinement justifiée aujourd'hui par la plupart des chimistes qui s'accordent à fixer la valeur d'un engrais d'après la quantité d'azote qu'il renferme. C'est sur le même principe qu'on s'est fondé pour établir les équivalents des fumiers. On sait qu'on appelle équivalents des fumiers les nombres qui expriment les rapports en poids dans lesquels les différents engrais peuvent être substitués l'un à l'autre, de manière à produire le même effet fertilisant. Dans un travail analytique qu'ils ont fait sur les engrais, MM. Boussingault et Payen ont pris pour unité le fumier de ferme ordinaire qui leur a donné 4 parties d'azote pour 1,000. Ils ont supposé qu'une bonne fumure exigeait 10,000 kilogr. de ce fumier par hectare, et alors l'engrais normal employé contiendra par hectare 40 kilogr. d'azote. Un poids de matière organique qui contiendra 40 kilogr. d'azote sera donc l'équivalent de ces 10,000 kilogr. de fumier. D'après ces données, 300 kilogr. de bon guano du Pérou, contenant 13 pour 100 d'azote, auraient la même action que 10,000 kilogr. de fumier de ferme.

Outre l'azote, il faut encore tenir compte dans la végétation de la matière organique non azotée et des substances salines contenues dans les engrais. La partie organique non azotée vient s'ajouter à l'humus contenu naturellement dans la terre et exerce une action analogue. Sous l'influence des alcalis qui lui sont associés dans l'engrais ou qu'il trouve dans le sol, l'acide ulmique se dissout dans l'eau et forme des solutions d'ulmates de soude, de potasse et d'ammoniaque, qui sont absorbées par les racines des plantes. Lorsque cette matière organique ne trouve pas assez d'alcalis pour saturer l'acide ulmique, la partie non saturée éprouve une espèce de fermentation et produit de l'acide carbonique qui peut servir à dissoudre une certaine quantité de phosphate de chaux.

Parmi les substances minérales les plus utiles en agriculture, les phosphates dont les diverses espèces de guano renferment des quantités notables, occupent un des premiersrangs. Ce sont des sels indispensables aux plantes, et notamment aux céréales, qui en contiennent dans tous leurs organes. Elles en empruntent constamment au sol, et si l'on ne rend pas à ce dernier, par des engrais convenablement choisis, l'acide phosphorique enlevé, il ne pourra plus nourrir les plantes, et les récoltes diminueront successivement.

L'importance du phosphate de chaux est si grande que l'illustre chimiste Davy attribuait la stérilité de quelques-unes des parties de l'Afrique septentrionale, de l'Asie Mineure et de la Sicile, qui furent pendant longtemps les greniers de l'Italie, à l'épuisement du sol de ces contrées en phosphates, par suite de l'exportation continuelle de leurs blés.

Quoique les phosphates terreux soient insolubles dans l'eau, ils rencontrent toujours dans la nature des composés qui les rendent assimilables. Ainsi ils sont solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, de sel marin ou d'un sel ammoniacal : l'eau de pluie est saturée d'acide carbonique, contient presque toujours de l'ammoniaque, et se charge de chlorure en traversant les différentes couches du sol ; elle sera donc l'agent de dissolution des phosphates.

Outre les sels ammoniacaux qui fournissent l'azote aux plantes et les phosphates qui leur donnent l'acide phosphorique, le guano contient encore des sels alcalins dont l'action est moins importante sans doute, mais qui sont encore d'une certaine utilité. La potasse, le soude et la silice se retrouvent dans tous les végétaux, et le guano la leur présente dans un état convenable à l'assimilation.

Les chimistes ont émis des opinions complétement différentes quand ils ont voulu déterminer la part qu'ils devaient faire aux trois composés les plus importants qui sont la base de presque tous les engrais, à savoir : les principes azotés, les matières organiques non azotées et les sels minéraux,

Pour les uns, l'efficacité des engrais réside uniquement dans les principes organiques azotés qu'ils renferment. Pour d'autres, cette efficacité dépend des principes minéraux qui y sont contenus. M. Liebig s'est fait l'un des organes de cette opinion ; d'après lui, les plantes prennent toute leur

matière organique à l'atmosphère, et l'homme ne doit s'occuper que de leur fournir des matières minérales. Aussi ce célèbre chimiste arrive-t-il à cette conclusion qu'il viendra sans doute un temps où, au lieu d'employer comme aujourd'hui des fumiers, on engraissera les champs avec une dissolution de silicate de potasse, avec les cendres de paille et avec les phosphates préparés exprès dans les fabriques. On comprend que cette opinion, contraire à l'expérience de tous les pays, soit tombée d'elle-même.

D'autres prétendent que l'humus est la partie fondamentale, et que cette partie fournit aux plantes les matériaux nutritifs sous forme de dissolution. Enfin, pour beaucoup, l'humus est à peu près inutile, ou, s'il intervient, ce n'est qu'en fournissant aux pores absorbants les gaz qui proviennent de sa décomposition. Aujourd'hui la plupart des hommes compétents sont loin d'être aussi exclusifs, et ils pensent qu'il faut tenir compte à la fois du carbone, de l'azote et des sels minéraux qui tous sont nécessaires pour la prospérité d'une plante. Aussi, quand on n'a pas une assez grande quantité d'engrais naturels à sa disposition, il serait très-bon d'appliquer à tour de rôle chaque espèce d'engrais, de telle sorte que l'un apporterait au sol les principes qui manquent à l'autre. On pourrait, par exemple, mettre sur un champ, la première année du guano, la deuxième des cendres, la troisième des os en poudre, la quatrième des tourteaux, la cinquième de la chaux ou de la marne, et alors tous les éléments de nutrition des plantes s'y trouveront en aussi grande quantité que si on lui avait donné du fumier, et sa fertilité ne diminuera pas.

L'utilité de cette mesure ressort évidemment de la composition de chaque engrais : le fumier de ferme seul est un engrais complet ; ainsi au bon guano il manque des silicates ; aux os pulvérisés, des silicates, des sels alcalins et des matières organiques ; au tourteau, des principes minéraux ; aux cendres qu'on emploie dans beaucoup de pays, des matières organiques. Malgré ces imperfections, ils sont d'une utilité incontestable, surtout quand on les applique successivement, d'abord parce qu'ils rendent au sol les matières qu'il perd tous les jours, et ensuite parce qu'ils augmentent la quantité de paille et de fourrage que l'on récoltait précédemment, et que cette quantité augmentant graduellement tous les ans, il arrivera un moment où l'on ne sera plus obligé de recourir aux engrais artificiels.

Mode d'emploi du guano. — On a divisé les engrais en engrais chauds et engrais froids, d'après la durée ou la rapidité de leur action. Les engrais chauds sont ceux dont l'action est très-rapide, à cause de la quantité de sels solubles qu'ils renferment et de leur disposition fermentescible : le guano rentre dans la première division. Sa forme pulvérulente, la nature des sels solubles qu'il contient, la facilité avec laquelle l'urate d'ammoniaque se décompose pour fournir aux plantes de l'azote qu'elles peuvent facilement absorber, en font un engrais à part. C'est un des engrais pulvérulents des plus actifs et des plus commodes à transporter, puisque son petit volume permet d'en amener sur les champs, à peu de frais, la quantité nécessaire. Quand on appliquera le guano, il faudra tenir compte de la rapidité avec laquelle les plantes se l'assimilent, et aussi de la nature des récoltes auxquelles on les destine. Ce qui est un inconvénient dans un cas sera un avantage dans un autre; par exemple, il y a beaucoup d'engrais qui seraient préférables au guano pour la culture de la garance qui reste plus d'une année en terre, tandis qu'il sera un engrais excellent pour toutes les substances qui séjournent moins longtemps dans le sol, et en particulier pour le sorgho, dont la culture tend à se généraliser dans les départements du midi de la France.

Si le guano est un engrais qui cède facilement aux plantes ses principes fertilisants, la chimie a trouvé le moyen de rendre son action plus durable. Depuis longtemps déjà, on lui associe des substances qui ont la propriété de retarder sa décomposition et de modérer les effets qu'il produit. Les deux composés par excellence pour opérer ces mélanges sont le charbon et le sulfate de chaux. Le charbon retient dans ses pores les gaz produits par le guano, et le sulfate de chaux change en sels fixes tous les principes volatils. 200 kilog. de guano et 200 kilog. de plâtre appliqués sur un hectare de prairie produisent de très-bons effets.

Lorsqu'on emploie le guano sans lui associer un autre corps, il produit tout l'effet qu'on peut en attendre au bout de la première année; en l'associant à une autre substance, on obtient des résultats aussi beaux, et son action peut se continuer l'année suivante. Du reste, il vaut mieux ne pas mettre sur les terres qu'on veut ensemencer un excès de guano, parce que l'excédant de la récolte ne compense pas les frais de l'engrais, et même

au delà d'une certaine proportion, le guano est plutôt nuisible qu'utile.

Il est assez difficile de fixer d'une manière précise la quantité de guano que devra recevoir un espace donné de terrain, parce que son épuisement dépendra non-seulement de sa composition, mais encore de la température à laquelle il sera soumis, du degré d'humidité ou de sécheresse de l'air, et de la nature du sol qu'il sera destiné à fertiliser : il se conservera beaucoup plus longtemps dans des terrains argileux que dans des terrains sablonneux et calcaires. La manière de cultiver la terre ne sera pas non plus sans influence sur l'épuisement plus ou moins prompt de l'engrais. Quand on remue fréquemment le sol, l'engrais disparaît plus vite que lorsqu'il reste pendant longtemps inattaqué par les instruments.

Ainsi, en résumé, dans l'emploi du guano, il faudra tenir compte des influences atmosphériques, de la nature de la récolte, de celle du sol, et et des modifications qu'on devra faire subir à ce dernier.

Malgré ces difficultés, on a pourtant établi des chiffres approximatifs qui sont le résultat de nombreuses expériences pratiques, et qui peuvent servir de guide.

Ainsi, on s'accorde généralement aujourd'hui à fournir, par hectare :

250 kilog. de guano aux céréales,

375 aux prairies naturelles et artificielles,

300 aux pommes de terre, beteraves, navets, etc., etc.

Le prix moyen du guano varie entre 28 fr. 50 c. et 30 fr. les 100 kilog. Au premier abord ce prix peut paraître exorbitant, et si l'on ne faisait attention qu'au volume de la substance que l'on achète, on pourrait reculer devant l'emploi d'un aussi précieux engrais ; mais il résulte clairement des expériences faites jusqu'à ce jour que c'est le bon guano qui donne comme engrais l'ammoniaque au meilleur marché.

Le guano peut être appliqué de différentes manières, et dans chaque pays il a pour ainsi dire un mode particulier ; cependant il est certaines règles qu'on doit suivre, sous peine de perdre une partie de la substance.

1° Ainsi, le guano doit être employé de préférence par un temps humide ou légèrement pluvieux.

2° On ne doit pas le répandre sur les prairies ou herbages passé le mois d'avril.

3° Lorsque le guano est appliqué aux terres arables, il doit être immédiatement mélangé au sol.

4° Le guano ne doit jamais être associé à la chaux ou à un alcali quelconque. Un alcali ne ferait qu'en hâter la décomposition, déjà si rapide par elle-même.

5° Le guano doit être répandu seulement en quantité suffisante pour la récolte à laquelle on l'applique, et nullement en vue des récoltes subséquentes.

M. Mesneron-Dupin, dans une note qu'il a publiée sur le guano, recommande en outre de ne mettre dans aucun cas l'engrais en contact avec la semence. Ce dernier fait est loin d'être approuvé par tout le monde. Il résulterait même d'observations assez dignes de foi, que non-seulement le guano ne nuit pas quand on l'emploie avec les semences, mais encore que, dans ce dernier cas, le grain serait plus abondant et plus nourri.

M. Payen dit aussi très-formellement qu'on peut répandre le guano même mélangé avec la semence.

Les agronomes qui recommandent de ne pas mettre le guano en contact avec la semence conseillent d'en employer une partie à l'époque des semailles, et réservent l'autre pour la faire répandre en couverture au mois de mars.

Ceux qui soutiennent l'opinion contraire voudraient que tout l'engrais que l'on doit employer se trouvât immédiatement en contact avec les racines des végétaux, parce que, d'après eux, il est impossible que l'engrais mis en terre en mars au lieu d'octobre produise le même effet sur la récolte. Cette dernière opinion est vraie; mais n'est-il pas à craindre, d'un autre côté, qu'une plante semée à la fin d'octobre (le blé par exemple) se trouvant en contact d'une grande quantité d'engrais, ne prenne beaucoup de développement, et ne soit ensuite dans un état de végétation trop avancé pour résister aux rigueurs de l'hiver? Il serait peut-être bon de tenir compte de ce phénomène, surtout dans les années où les froids commencent plus tard qu'à l'ordinaire.

Les habitants du Pérou sont les premiers qui aient employé le guano; ils en font usage encore aujourd'hui, surtout pour la culture du maïs. Quelques semaines après que les graines ont levé, ils creusent un petit

trou autour de chaque pied, et ils le remplissent de guano qu'ils recouvrent avec de la terre. Douze ou quinze heures après, ils inondent le champ, et ils y laissent séjourner l'eau durant quelques heures. Ce procédé offre l'avantage de fournir directement aux racines des plantes les matières destinées à leur nutrition.

En France, ce procédé ne peut pas être appliqué, au moins d'une manière générale, à cause de l'impossibilité où l'on se trouverait dans la plupart des contrées de faire inonder ensuite le sol. Aussi a-t-on recours à d'autres moyens. Pour une grande partie des récoltes, on répand l'engrais sur la terre à peu près en même temps que la semence, et on recouvre le tout par un hersage. Quand on n'a mêlé avec le sol que la moitié ou les deux tiers de l'engrais, on jette le reste à la volée au mois de mars ou d'avril. Quelquefois on emploie concurremment le fumier de ferme et le guano; dans ce cas, on applique le fumier comme à l'ordinaire, et on jette le guano en couverture dans les premiers jours du printemps. Pour faciliter la répartition du guano sans laquelle on ne pourrait obtenir une végétation égale, pour diminuer en même temps la perte que les vents font éprouver lors de la dissémination d'un engrais pulvérulent, il est profitable de le mêler à de la bonne terre avant d'en faire usage.

Quand le guano est destiné à fertiliser des prairies, on le jette à la volée, après avoir eu soin de le mêler avec du plâtre, si l'on ne veut pas perdre une partie de l'engrais. L'époque la plus convenable pour cette opération est comprise entre les quinze derniers jours du mois de janvier et le 1er avril.

On peut encore employer le guano à l'état liquide : on le consomme sous ce dernier état, surtout pour les prairies et en horticulture. On met dans ce cas 6 kilogrammes de guano dans un hectolitre d'eau de pluie ou de rivière, et on laisse en contact pendant vingt-quatre heures. On décante pour enlever les parties insolubles, et avec le liquide obtenu on arrose toutes les plantes que l'on cultive ordinairement dans un jardin; pour obtenir de bons résultats, il faut les arroser deux fois par semaine et pendant trois semaines, en ayant soin de choisir un temps sec et chaud. Il est prouvé que l'emploi régulier de ces arrosements diminue d'une manière sensible les vers rongeurs et les autres insectes.

Ce mode serait excellent pour les prairies voisines d'un cours d'eau ou d'une rivière. On pourrait, en faisant usage pour les arroser d'un tonneau semblable à ceux qui servent à l'arrosement des villes, obtenir de magnifiques résultats. Quoiqu'il m'ait été impossible de faire moi-même des essais pratiques, j'ai cru que je ne pouvais terminer ce qui est relatif au guano sans citer quelques-uns des résultats obtenus par les personnes qui l'ont expérimenté.

M. Kulmann, homme si compétent en pareille matière, a publié des tableaux dans lesquels il compare l'action des divers engrais. J'emprunte à un de ces tableaux les chiffres indiquant les effets produits par le guano.

	Foin.	Regain.	Total.	Excédent dû à l'engrais.
Une prairie a produit sans aucun engrais.	2427	1393	3820	
Avec 300 k. de guano.	3437	1966	5403	1583

Sans recevoir une nouvelle dose d'engrais, cette même prairie a produit encore l'année suivante un excédant de 795 kilos. L'action fertilisante du guano n'était donc pas épuisée complétement dès la première année.

D'un grand nombre d'autres expériences, il résulte la moyenne suivante : dans des terrains de même nature, on a employé, d'un côté 400 quintaux métriques par hectare de fumier ordinaire, et d'un autre, 220 kilos de bon guano du Pérou.

On a obtenu avec le fumier ordinaire,	493 gerbes d'avoine pesant.	1929 k.
— —	paille et chaume.	2723
Avec le guano.	705 gerbes d'avoine pesant.	3886
—	paille.	4386
Le double décalitre de l'avoine obtenue sur le fumier ordinaire pèse.		7 k. 40
— obtenue sur le guano, pèse.		9 k. 10

Je citerai enfin une dernière expérience de M. Kulmann, relative au froment : il a fumé, avec 600 kilogrammes de guano, une certaine quantité de terrain qu'il a ensemencé en blé; d'autre part, il a ensemencé sans le fumer un espace égal de terrain de même nature, et il a obtenu dans les deux récoltes une différence de 1,678 kilos de grains et de 7,305 kilos de paille en faveur de la terre fumée avec du guano.

Ces résultats parlent d'eux-nêmes, et il n'est pas besoin de commentaires pour prouver l'excellence d'un engrais dont l'efficacité est si bien constatée. Il me serait facile de puiser dans les nombreux rapports adressés aux sociétés d'agriculture de France et d'Angleterre beaucoup d'autres exemples qui prouvent que le guano n'altère en rien la qualité du sol, comme quelques personnes le lui ont reproché, et que l'augmentation des recoltes est de beaucoup supérieure à celle que l'ont obtient avec tout autre engrais.

Vu bon à imprimer.

Le Directeur de l'Ecole de pharmacie,

BUSSY.

Permis d'imprimer,

Le Vice-Recteur,
ARTAUD.



Paris. — Imprimé par E. Thunot et Ce, 26, rue Racine.

